

Sołtyków – unikalny zapis paleoekologiczny wczesnojurajskich utworów kontynentalnych

Sołtyków, Poland – an unique palaeoecological record of the Early Jurassic continental deposits

Grzegorz PIENKOWSKI

Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa;
e-mail: grzegorz.pienkowski@pgi.gov.pl

Key words: Early Jurassic, Poland, continental facies, vertebrate tracks, nature conservation, geopark.

ABSTRACT: The Sołtyków exposure is an old, long time abandoned clay pit. This exposure became known as a classical outcrop of alluvial-lacustrine deposits. Floral remains point to the earliest Jurassic (Lias α 1-2) age, and the sequence stratigraphic correlation allows to narrow its age range to the Early Hettangian (Planorbis biochronozone). Sołtyków exposure fits the avulsion-controlled (crevassing- anastomosing) fluvial sedimentation model, however, some features such as laterally-accreted bedding point also to presence of high-sinuosity/meandering streams. Relatively thick and individualised package of lacustrine deposits occurring in the Sołtyków outcrop points to some permanency of the lake/swamp area during deposition of the sediments visible in the outcrop. Palaeosols are both of Podzol and Histosol type. The plant fossils in the Sołtyków exposure are very abundant and well preserved. The list of plants includes *Neocalamites*, the matoniacean, osmundacean and other indeterminate ferns, as well as pteridosperms, benettitaleans and conifers. Non-marine trace fossils comprise *Coprinisphaera*, *Scoyenia* and aquatic *Mermia* ichnofacies. Other fossils that occur in Sołtyków are represented by Unionidae freshwater bivalve assemblage, insect remains, fresh-water ostracodes and scales of palaeoniscid fish. The Sołtyków exposure is well known Early Jurassic tracksite with numerous dinosaur footprints, mainly left by theropods and sauropods, and early mammalian footprints. The dinosaur nesting ground was also described. Recently, the Sołtyków exposure has been declared a natural reserve. Nature conservation problems are discussed. Due to many unique finds in Sołtyków (the oldest known evidence of gregarious ethology of dinosaurs, the biggest known Early Jurassic theropod footprints, rich and well-preserved invertebrate ichnoforms and plant remains, this exposure should be enlisted on the UNESCO World Heritage List (in geological category). Moreover, the idea of „Kamienna Valley“ geopark, comprising Sołtyków and other valuable outcrops in the region, is introduced.

WSTĘP

Sołtyków położony na terenie nadleśnictwa Staporków (gmina Staporków, powiat Skarżysko-Kamienna, województwo świętokrzyskie) jest niewielką osadą i jednocześnie lokalnym przystankiem w połowie odległości linii kolejowej Skarżysko-Kamienna – Końskie. Sołtyków znany jest

z funkcjonującej do dnia dzisiejszego cegielni, której wyrobiskiem była niegdyś również glinianka stanowiąca obecnie teren rezerwatu geologicznego „Gagaty Sołtykowskie”. Nazwa rezerwatu pochodzi od występujących w nim gagatów (gagat jest to impregnowana substancją organiczną smolisto-czarna odmiana węgla brunatnego o charakterystycznym przełamie muszlowym, stosowana w jubi-

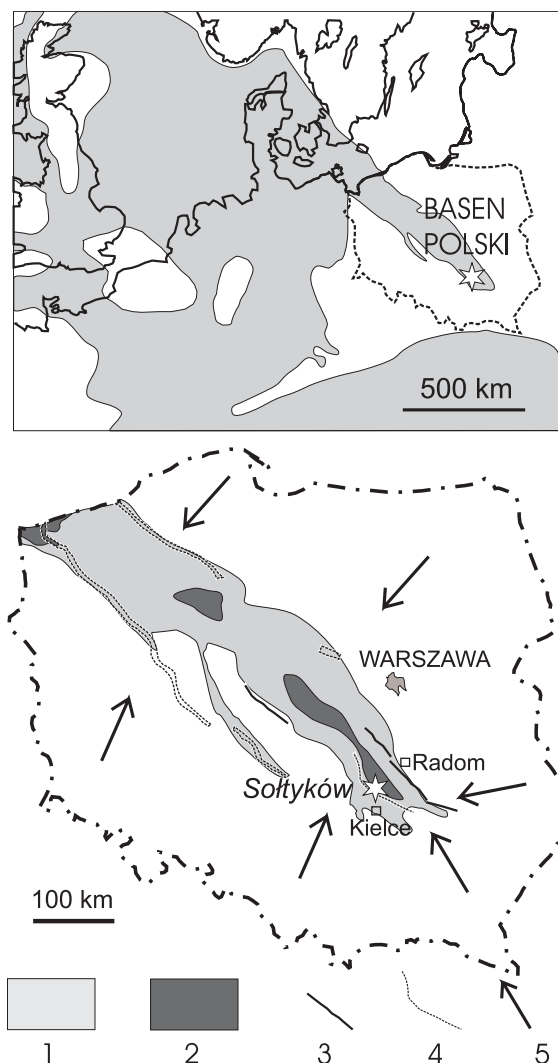


Fig. 1. Lokalizacja stanowiska w Sołtykowie na tle zasięgu kontynentalnych utworów najniższego hetangu w Europie i w Polsce (najniższa część formacji zagajskiej, sekwencja I a): 1 – utwory aluwialne (ogólnie), 2 – utwory limniczno-bagienne, 3 – główne strefy uskoku aktywne w czasie sedymentacji (znaczący wpływ na rozwój systemów depozycyjnych i miąższości, 4 – inne strefy uskoku wpływające na sedymentację (wpływ na miąższość osadów), 5 – główne kierunki dostawy materiału okruszowego. Na podstawie: Pieńkowski 2004.

lśerstwie – definicja za: Ryka i Maliszewska 1991). Gągaty te były nielegalnie eksploatowane w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku. Stanowisko Sołtyków było też znane w literaturze naukowej jako Odrowąż, od nazwy pobliskiej wsi o historycznych korzeniach.

Kontynentalne utwory mułowcowo-piaszczyste odsłaniające się w Sołtykowie reprezentują dolną część formacji zagajskiej, która reprezentuje wiek wczesny hetang – I sekwencję depozycyjną (najstarszą) utworów jurajskich w Polsce (Pieńkowski

i Gierliński 1987, Gierliński i Pieńkowski 1999, Pieńkowski 2004 – fig. 1). Pelen profil utworów dolnojurańskich w Sołtykowie został rozpoznany płytkim wierceniem, odsłonięcie stanowi fragment tego profilu (fig. 2, 3). Występowanie wśród zidentyfikowanej w odsłonięciu kopalnej flory takich gatunków jak *Hirmerella muensteri* (Schenk) Jung i *Phlebopteris angustiloba* (Presl) Hirmer (Wcisło-Luraniec 1991), a także miospor *Aratrisporites minimus* Schultz (Ziaja 1991) potwierdza dolnoliasowy wiek tych osadów w przedziale hetang – dolny synemur. Dokładny wiek formacji (parasekwencja I a, najstarsza w obrębie sekwencji I) określony został na podstawie analizy stratygraficzno-sekwencyjnej (Pieńkowski 1991, Gierliński i Pieńkowski 1999, Pieńkowski 2004).

Sołtyków stał się znanym stanowiskiem dzięki wspomnianym wyżej badaniom paleobotanicznym, a także znaleziskom licznych tropów dinozaurów i innych kręgowców (Pieńkowski i Gierliński 1987, Gierliński 1991, Gierliński i Pieńkowski 1999, Gierliński i in. 2001, Gierliński i Niedźwiedzki 2002, Niedźwiedzki i Niedźwiedzki 2004, Gierliński i in. 2004 w druku). Z Sołtykowa opisano też ślady po gniazdach i jajach dinozaurów (Pieńkowski 1998). Znalezisko to i jego interpretacja wywołały dyskusję, dzięki której kryteria wyróżniania struktur gniazdowych zostały doprecyzowane i wzbogacone o nowe fakty (por. Sabath i in. 1999, Pieńkowski 1999). Liczne są ichnoskamieniałości roślinne (korzenie roślin) i bezkręgowców (Pieńkowski 1983, 1998, Pieńkowski i Gierliński 1987). W 2001 i 2002 roku przeprowadzone zostały dalsze poszukiwania skamieniałości śladowych bezkręgowców oraz ichnoform roślinnych na obszarze rezerwatu (dokumentacja fotograficzna i repliki gipsowe) oraz w starych, nieczynnych wyrobiskach poza obszarem rezerwatu (prace ziemne, penetracje starych hałd poeksploatacyjnych). Materiał ten jest obecnie przygotowywany do druku (Pieńkowski i Niedźwiedzki w przyg.).

LITOFACJE I SYSTEMY DEPOZYCYJNE – ABIOTYCZNA PODSTAWA JURAJSKIEGO EKOSYSTEMU SOŁTYKOWA

W Sołtykowie odsłaniają się litofacje korytowych i pozakorytowych utworów rzeki o warkoczowym (anastomozującym) układzie koryt o wysokiej krętości (fig. 2, 3). Duży udział utworów pozakorytowych (fig. 4) wskazuje z jednej strony na szybką

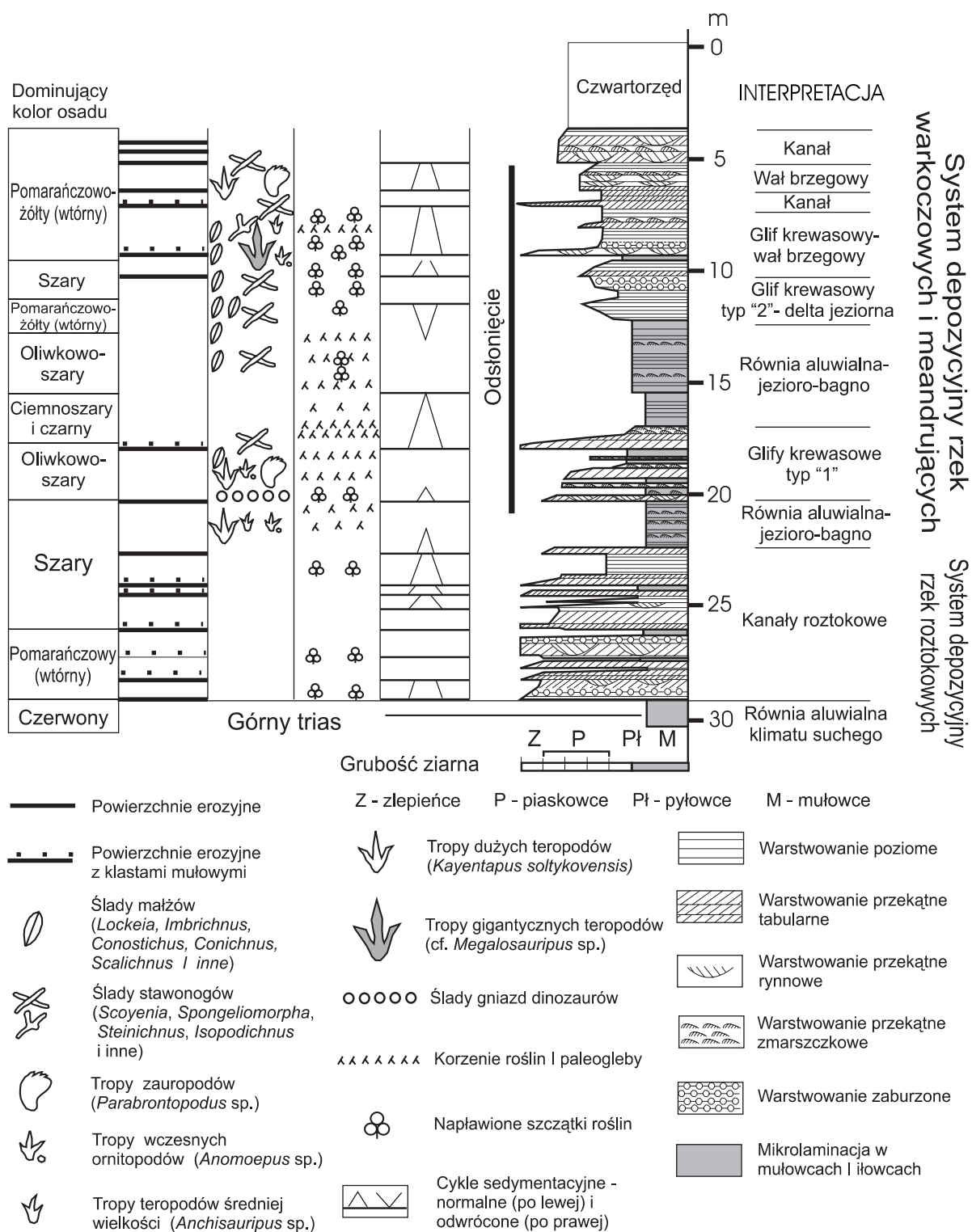


Fig. 2. Profil utworów najniższego hetangu w Sołtykowie (w tym niewidoczna w odstonięciu dolna część profilu rozpoznana wierceniem SŁ-2). Większość ławic utworzonych przez glify krewasowe ma erozyjne spągi, ale niektóre mają gradacyjne spągi typowe dla „mini-delt”. Niektóre facje korytowe wypełniają kanały wcięte w mułowcowe utwory równi aluwialnej, podczas gdy inne poprzedzone są utworami krewasowymi. Profil typowy dla utworów rzeki o warkoczowym układzie koryt, jednak z wyraźnie zaznaczającą się ich krętością i lokalnym meandrowaniem.



Fig. 3. Zdjęcie odsłonięcia w Sołtykowie (rok 1979) – utwory równi aluwialnej z gelifami krewasowymi w stropie (typ II krewas z erozyjnymi spągami – por. Farrell 2001).

subszydencję kompensowaną sedymentacją, z drugiej na brak obocznej migracji koryt na wielką skalę, co prowadziło do dominacji utworów korytowych w profilu. W odsłonięciu stwierdzono też dowody na boczną migrację koryt (wielkoskalowe powierzchnie nachylone pod małym kątem prostopadle do kierunków migracji form dennych i innych prądowych struktur sedymentacyjnych – fig. 5), ale warstwowania te mają charakter raczej lokalny

i są one przywiązane do wyraźnie wyodrębnionych kanałów rzecznych zachowanych w osadach pozakorytowych. Dominujące w odsłonięciu utwory równi zalewowej z okresowymi jeziorami wykształcone są jako bogate w substancję węglistą mułowce i iłowce (fig. 4). Liczne są soczewkowe litosomy związane z gelifami krewasowymi (fig. 3). Litosomy te mają niekiedy gradacyjne (fig. 6), a częściej erozyjne spągi (odpowiednio typy krewas I i II we-



Fig. 4. Fragment zdjęcia przedstawionego na fig. 3 – widoczne mułowcowo-węgliste utwory równi aluwialnej (środowisko limniczno-bagienne) z utworami dystalnych gelifów krewasowych typu I (z gradacyjnymi spągami – por. Farrell 2001).



Fig. 5. Inny fragment zdjęcia przedstawionego na fig. 3 (po lewej), widoczne koryto rzeczne wcięte w utwory równi aluwialnej z zaznaczającymi się płaskimi warstwowaniami skośnymi wielkiej skali (efekt bocznej migracji koryta).

dług Farrel 2001). Gradacyjne dolne granice glików krewasowych występują w przypadku gdy zachowane są mułowcowo-piaszczyste osady pokrywowe w spągu niektórych kanałów krewasowych (fig. 2). Świadczy to o stopniowej progradacji glików krewasowych i wskazuje na warkoczowy (anastomozujący) charakter rzeki (Farrel 2001). Z drugiej strony, w odsłonięciu rejestruje się również kanały glików krewasowych o erozyjnych spągach, co wraz ze wspomnianą obecnością efektów bocznej migracji koryt rzecznych w postaci wielkoskalowych nachylonych powierzchni (warstwowań skośnych), wskazuje na kręty, meandrujący charakter tych koryt, przynajmniej w początkowym stadium. Należy podkreślić, że ogólnie anastomozujący/awulsyjny charakter przemieszczania się koryt rzecznych po wczesnojurskiej równi aluwialnej w Sołtykowie nie wykluczał obocznej migracji koryt, zwłaszcza przy ich wysokiej krętości (Aslan i Autin 1999). Warkoczowy (anastomozujący) układ koryt rzecznych w Sołtykowie połączony ze znacznym tempem subsydencji tłumaczy, dlaczego była możliwa akumulacja znacznej miąższości pozakorytowych utworów limniczno-bagiennych, charakteryzujących się permanentnie wysokim poziomem wód gruntowych. W przypadku czysto meandrującego charakteru rzeki nastąpiłaby ich znacząca redukcja poprzez erozję związaną z oboczną migracją koryt rzecznych, łatwiej nastę-

powałby też drenaż równi aluwialnej. Mechanizm rozwoju równi aluwialnej był związany z wielomacynnikiem (subsydencja, dostawa materiału, klimat, rozwój roślinności). Charakter środowiska równi aluwialnej kształtował wraz z klimatem i w sprzężeniu zwrotnym z roślinnością podstawowe warunki rozwoju bogatego paleoekosystemu Sołtykowa.

Powyższy opis dotyczy tylko odsłoniętego fragmentu profilu, gdyż jego najniższa część (około 3 m miąższości) poznana dzięki wierceniu wykazuje inne cechy – żółtopomarańczowe barwy, przewagę utworów grubookruchowych (gruboziarniste piaszczowce – zlepieńce), rzadkie i nie w pełni rozwinięte poziome głębokie z niewielką ilością korzeni, szczątki korzeni i napławionej flory występujące wyłącznie w postaci utlenionej. Zaznacza się występowanie licznych cykli prostych z erozyjnymi spągami, wielkoskalowe warstwowania przekątne i bardzo niewielki udział pozakorytowych utworów mułowcowych. Te cechy wskazują na środowisko rzeki roztokowej i bardziej suchy klimat. W profilu Sołtykowa, w najwcześniejszym hetangu, zaznaczyła się zmiana klimatu na wilgotniejszy, co przejawiało się w zmianie charakteru środowiska rzeczno-roztockowego i być może meandrującego na awulsyjny/anastomozujący o wysokiej krętości warkoczowo ułożonych koryt, charakteryzujący się ponadto wysokim poziomem wód gruntowych.



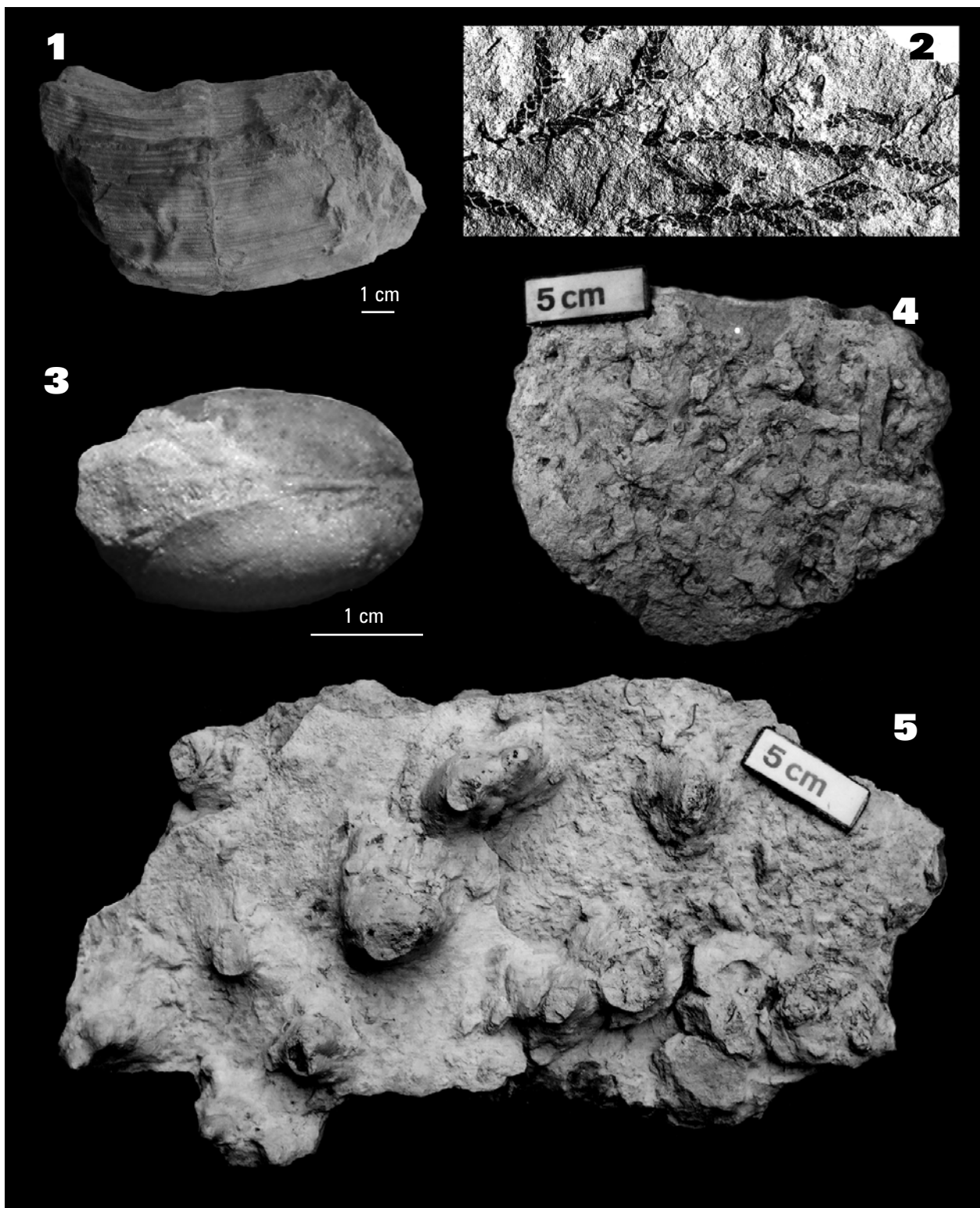
Fig. 6. Dystalne glify krewasowe (typ I z gradacyjnymi spągami) z związanymi z nimi paleoglebami typu glejowego (*gleysol*).

SKAMIENTAŁOŚCI WŁAŚCIWE

Najliczniej występują w Sołtykowie skamieniałości roślinne (znaleziono do tej pory 29 różnych gatunków roślin – Wcisło-Luraniec 1991). Zdecydowanie najwięcej jest szczątków skrzypów, występujących zarówno jako szczątki redeponowane, jak i w postaci kłaczy i łodyg (z węzłami i międzywęzłami) zachowanych w pozycji przyżyciowej (pl. 1: 1). Liczne występowanie skrzypów i towarzyszących im paproci świadczy o wilgotnych warunkach panujących w czasie sedymentacji utworów występujących w odsłonięciu. Charakterystycznym elementem flory w Sołtykowie były rośliny nagonasienne: *Sphenobaiera* sp., *Swedenborgia* sp., *Hirmerella muensteri* (Schenk) Jung. Istotna jest obecność licznie występujących szczątków iglastej rośliny drzewiastej *Hirmerella muensteri* (Schenk) Jung (pl. 1: 2), osiągającej do 10 m wysokości, która nie występowała bezpośrednio w osadach środowisk wilgotnych dominujących w odsłonięciu (świadczy o tym między innymi brak zachowanych dużych systemów korzeniowych), a porastała raczej wyższe, lepiej drenowane i suchsze obszary tworząc lasy, prawdopodobnie typu parkowego. *Hirmerella muensteri* (Schenk) Jung mogła być częstsza także w utworach występują-

cych w niższej, gorzej odsłoniętej partii profilu. Liście tego drzewa wskazują na klimat bardziej suchy, prawdopodobnie z suchą porą roku (Reymannówna 1991, Wcisło-Luraniec 1991). Lasy te były nawiedzane przez pożary, co potwierdza obecność charakterystycznych węgli drzewnych zachowanych w Sołtykowie (Wcisło-Luraniec 1991). Z drugiej strony obecność *Swedenborgia* sp., a także paproci (np: *Phlebopteris angustiloba* (Presl) Hirmer) oraz bardzo licznych skrzypów świadczy o warunkach wilgotnych (Reymannówna 1991). Tak więc skamieniałości roślinne Sołtykowa świadczą o znacznej obocznej zmienności środowisk lądowych – od silnie nawodnionej równi aluwialnej rzeki o warkoczowym układzie koryt z licznymi jeziorami i bagnami (te osady są obecnie najlepiej odsłonięte), po lepiej drenowany, bardziej suchy las typu parkowego, który dominował poza terenem objętym bezpośrednio zasięgiem koryt rzecznych.

Skamieniałości bezkręgowców są najliczniej reprezentowane przez małże Unionacea (Pieńkowski 2004) – pl. 1: 3. Stwierdzono ponadto występowanie szczątków chrząszczy (Wegierek i Zherikin 1997) i małżoraczków słodkowodnych *Darwinula* sp. (Karaszewski i Kopik 1970). Obecność innych grup bezkręgowców, głównie owadów, stawonogów wyższych (Decapoda), pierścienic czy ślimaków



Plansa 1

1 – Skrzyp z widocznym węzłem łączącym dwa człony łodygi; 2 – *Hirmeriella muensteri* – fragmenty pędu szpilkowej rośliny kseromorficznej z krótkimi, pogrubionymi, łuskowymi liśćmi; 3 – słodkowodny małż z nadrodziny Unionacea z Sołtykowa, Muzeum Państwowego Instytutu Geologicznego (MUZ PIG 80.VI.1), kol. M. Pińkowski; 4 – *Scoyenia* sp. – jamki żerowiskowe stawonogów (prawdopodobnie owadów), jedna z typowych ichnoform środowisk kontynentalnych. MUZ PIG 80.VI.34; 5 – jamki mieszkalne i mieszkalno-ucieczkowe pozostawione przez małże: *Lockeia czarnockii* (Karaszewski, 1975) Pińkowski, 1985, *Conichnus* sp. Myannil, 1966, *Conostichus* sp. Lesquereux, 1876. MUZ PIG 80.VI.35.

potwierdzona jest pośrednio obecnością zróżnicowanej ichnofauny. Ze skamieniałości kręgowców znano do tej pory jedynie łuski ryb (Karaszewski i Kopik 1970). Ostatnio potwierdzono występowanie niewielkich fragmentów szczątków kostnych dinozaurów (Niedźwiedzki – inf. ustna).

PALEOGLEBY I KORZENIE ROŚLIN

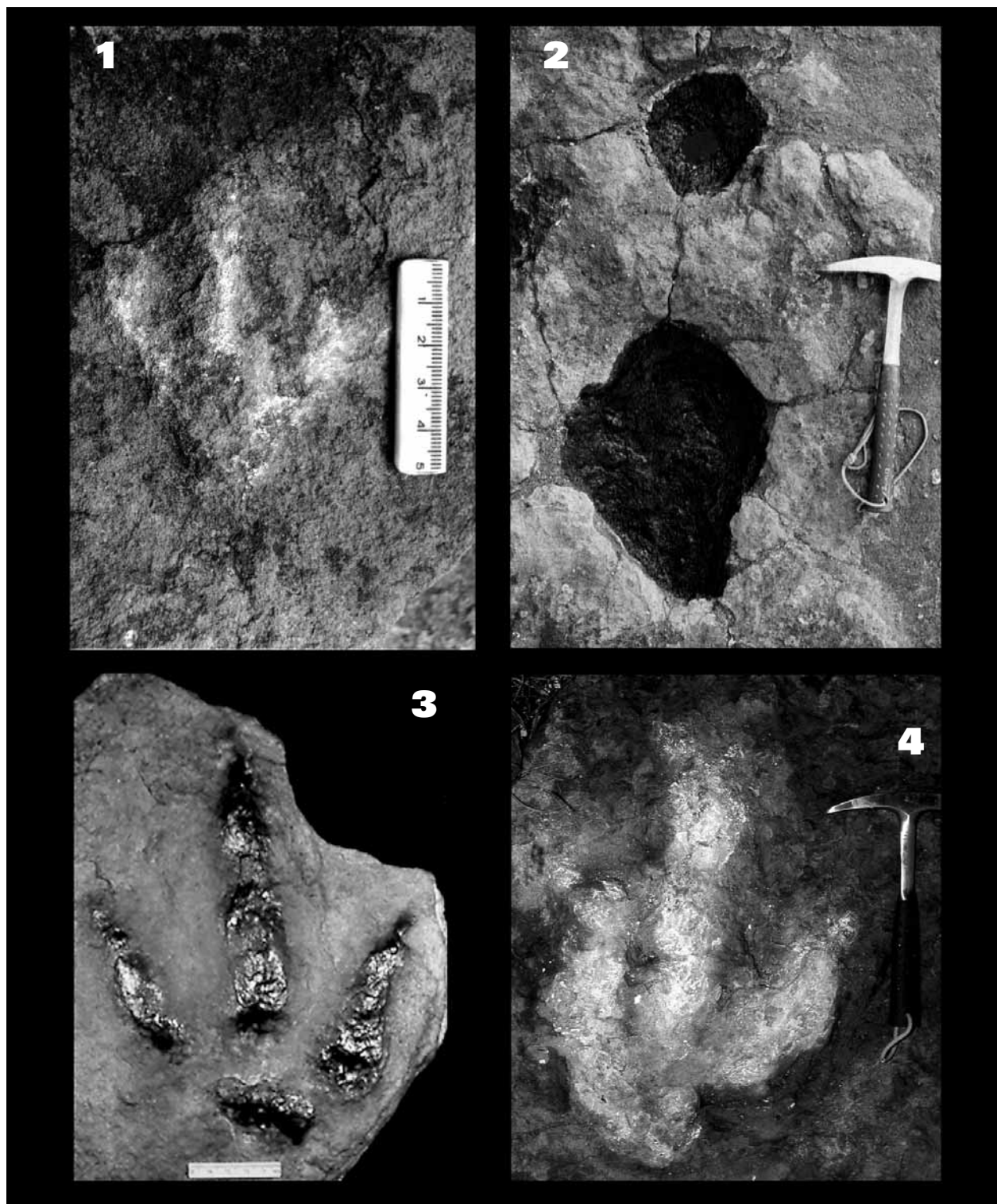
Z litofacjami utworów aluwialnych w Sołtykowie (takimi jak utwory korytowe, wały brzegowe, glify krewasowe i pozakorytowe utwory limniczno-bagiennie) związane są charakterystyczne typy paleogleb. Ogólnie można wyróżnić za Arndorffem (1993) dwa podstawowe typy paleogleb – *podzol* i *gleysol*.

Paleogleba typu *podzol* (typ gleby zbliżonej do biellic) – związana z mułowcowi-piaszczystymi utworami glifów krewasowych (wraz z zalewami pokrywowymi), wałów brzegowych i stropowych partii utworów korytowych – charakteryzuje się jaśniejszą barwą z wyraźnymi poziomami rdzawej barwy, co było związane z procesami wypłukiwania i wtórnego koncentrowania się związków żelaza, dłuższymi strukturami korzeniowymi często wypełnionymi osadem, a w przypadku nie występowania zbyt gęstych bioturbacji (najczęściej ichnoformy pozostawione przez stawonogi, w mniejszym stopniu pierścienice), stosunkowo czytelne są pierwotne struktury sedymentacyjne. Warstwa węglista w stropie paleogleby jest wyraźnie wyodrębniona. Generalnie, profil glebowy zawiera osady lepiej utlenione, co było związane z lepszym drenażem i niższym położeniem zwierciadła wód gruntowych.

Paleogleba typu *gleysol* (gleba typu glejowego) – związana z ciemnymi, ilasto-mułowcowymi osadami limniczno-bagiennymi – charakteryzuje się ciemnoszarą barwą, krótszymi korzeniami roślin z zachowaną substancją węglistą, warstwa węglista w stropie gleby słabiej wyróżnia się w profilu glebowym, który charakteryzuje się większym wymieszaniem składników organicznych i mineralnych (fig. 6). Generalnie profil glebowy zawiera osady utworzone w środowisku redukcyjnym, stale nawodnionym, gdzie zwierciadło wody gruntowej było położone tuż pod powierzchnią gleby lub wręcz nad nią (gleby podtopione, obszary szuwarowe). Bioturbacje są tu bardzo rzadkie – przeciwnie niż w paleoglebach typu *podzol*.

ŚLADY BEZKRĘGOWCÓW

W ogólnym przeglądzie ichnoskamieniałości utworów hetangu i synemuru północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich (Pieńkowski, 1985) dostrzeżono zasadniczą przewagę frekwencji i różnorodności ichnoform środowisk brakicznomorskich nad ichnoformami środowisk kontynentalnych, w których odnotowano występowanie śladów żerowania i poruszania się stawonogów (w tym *Isopodichnus* sp.) i innych bezkręgowców, którym towarzyszyły tropy dinozaurów. Większa różnorodność i liczebność ichnoskamieniałości w utworach brakiczno-morskich pozostaje faktem opartym zwłaszcza na obserwacjach w wierceniach (Pieńkowski 2004 w druku), ale lokalnie różnorodność i liczebność ichnoskamieniałości w utworach kontynentalnych może być znaczna, co stwierdzono w Sołtykowie. Gromadzone od niemal 20 lat materiały z Sołtykowa w znacznej mierze wzbogaciły dotychczasową wiedzę o różnorodności i liczebności ichnoskamieniałości kontynentalnych z utworów wczesnej jury Polski. Odnotowano występowanie zróżnicowanych śladów bezkręgowców przywiązanych do dwóch podstawowych asocjacji ichnofacjalnych środowisk kontynentalnych (Hasiotis i Bown 1992, Hasiotis i Demko 1996): środowisk subaeralnych (ichnofacje *Coprinisphaera-Scoyenia*) oraz środowisk wodnych (ichnofacja *Mermia*). Do ichnofacji *Coprinisphaera-Scoyenia* należą takie ichnoformy jak jamki owadów (najprawdopodobniej żuków) *Scoyenia* sp. (pl. 1: 4), jamki pierścienic *Planolites* sp., gniazda owadów *Coprinisphaera* sp., ślady drażenia w drewnie. Do śladów związanych ze środowiskiem wodnym (ichnofacja *Mermia*) należą takie ślady jak ślady spoczynkowe małżów słodkowodnych oraz ślady ich zamieszkiwania i ucieczki: *Lockeia amygdaloides* (Seilacher 1953), *Lockeia czarnockii* (Karaszewski 1974) – pl. 1: 5, *Conichnus* sp., *Scaelichnus* sp., ślady poruszania się małżów (*Imbrichnus* sp.) i inne ślady poruszania się bezkręgowców (*Cochlichnus* sp.). Występują też tunele stawonogów wyższych (cf. *Spongeliomorpha* sp.). Ichnofacja *Mermia* w Sołtykowie wiąże się z osadami jeziornymi lepiej natlenionymi, na co wskazuje barwa osadu i utlenienie szczątków roślinnych. Osady ciemne z dużą ilością substancji organicznej (fig. 4) i węglami brunatnymi (w tym gagatem) nie wykazują obecności żadnych śladów organicznych poza płytkami,



Plansa 2

1 – Trop niewielkiego dinizaura ptasiomiednicznego (ornitopoda) *Anomoepus* sp.; 2 – trop zauropoda *Parabrontopodus* sp.– mniejszy ślad kończyny przedniej (*manus*) i większy tylnej (*pes*); 3 – trop teropoda (prawdopodobnie dylofozaura) *Kayentapus soltykovensis* Gierliński; 4 – trop gigantycznego teropoda (alozauroida) cf. *Megalosaurus* sp. Lessertisseur 1955, *sensu* Lockley i in., 1996, całkowita długość 65 cm., zachowany w spągu utworów glifu krewasowego. MUZ PIG 1661.II.1.



Fig. 7. Struktury interpretowane jako gniazda zauropodów.

pogrubionymi korzeniami roślin (ten kształt korzeni jest typowy dla paleogleb typu *gleysol* i wysokiego poziomu wody gruntowej – Sarjeant 1975, Arndorff 1993 – fig. 6).

ŚLADY KRĘGOWCÓW

Opisane do tej pory ślady kręgowców w Sołtykowie zostały pozostawione przez dinozaury i wczesne ssaki (Pieńkowski i Gierliński 1987, Gierliński 1991, Gierliński i Niedźwiedzki 2002, Gierliński i Pieńkowski 1999, Gierliński i in. 2001, Niedźwiedzki i Niedźwiedzki 2004, Gierliński i in. 2004 w druku). Ślady dinozaurów reprezentują bogate spektrum dinoichnofacji charakterystycznej dla środowisk równi rzecznej. Zespół ten jest bardzo zróżnicowany, zawiera tropy małych i średniej wielkości dinozaurów ptasiomiednicznymi takimi jak *Anomoepus* sp. (pl. 2: 1) jak też małych i średnich dinozaurów drapieżnych (*Grallator* sp., *Anchisauripus* sp.), ale najbardziej charakterystyczne dla tej dinoichnofacji są tropy wielkich zwierząt reprezentujących szczyt ówczesnej piramidy pokarmowej – ślady dużych zauropodów – pl. 2: 2 (towarzyszą im także tropy młodocianych osobników), oraz ślady dużych do gigantycznych teropodów – dylofozaurów (*Kayentapus* sp. – pl. 2: 3) – i wczesnych gigantycznych allozauroidów lub ceratozauroidów (*Megalosauripus* sp. *sensu* Lockley – Gierliński i in. 2001 – pl. 2: 4).

Ostatnio zdefiniowane kryteria wyróżniania gniazd dinozaurów (Chiappe i in. 2004) dostarczają



Fig. 8. Struktury interpretowane jako zmineralizowane ośrodki po jajach zauropodów.



Fig. 9. Szlaki tropów czterech młodych zauropodów, dwóch osobników dorosłych (*Parabrontopodus* sp.) oraz dwóch teropodów (*Kayentapus* sp.). Na podstawie: Gierliński, Pieńkowski 1999.

dalszych dowodów sedymentologicznych zdecydowanie przemawiających za gniazdową interpretacją znalezionych w Sołtykowie struktur interpretowanych już wcześniej jako gniazda dinozaurów (Pieńkowski 1998 – por. dyskusja Sabath i in. 1999, Pieńkowski 1999) – fig. 7, mimo wciąż mogących budzić wątpliwości przesłanek uzyskanych ze źle zachowanych struktur w obrębie obiektów interpretowanych jako pozostałości samych jaj dinozaurów (fig. 8). Gniazda te zostały zachowane na równi aluwialnej w wyniku powodzi, która doprowadziła do ich zalania. Wyglądem i zespołem struktur biogeniczno-sedymentacyjnych przypominają one bardzo gniazda zauropodów opisane przez Chiappe i in. (2004).

Tropy wczesnych ssaków są reprezentowane przez tropy typu *Brasilichnium* sp. (Gierliński i in. 2004 w druku), a także prawdopodobne struktury typu nor (Pieńkowski, Niedźwiedzki – w przygotowaniu).

KOPALNY EKOSYSTEM SOŁTYKOWA

Zróźnicowanie oraz ilość (miejscami są to bardzo liczne nagromadzenia) szczątków roślinnych oraz skamieniałości śladowych w Sołtykowie wskazują na złożony, bogaty, zmienny przestrzennie ekosystem równi aluwialnej z wilgotnymi lub podtopionymi obszarami zasilanymi przez koryta

o warkoczowym (anastomozującym) układzie przestrzennym (niekiedy koryta te wykazywały oboczną migrację typową dla koryt meandrujących) oraz obszarami suchszymi porośniętymi lasem szpilkowym zdominowanym przez *Hirmeriella muensteri* (Schenk) Jung. W środowiskach niskiej, podtopionej, pokrytej jeziorami i bagnami doliny rzecznej dominowały gleby glejowe (*gleysol*), w wyższych lepiej drenowanych partiach doliny przeważały paleogleby zbliżone do bielicy (*podzol*). Środowiska wodne charakteryzowało zróżnicowane natlenienie – od dobrze natlenionych osadów koryt rzecznych i przybrzeżnych partii jezior równi aluwialnej z dużymi nagromadzeniami ichnoform małżowych (zróżnicowanych etologicznie śladów zamieszkiwania, spoczynku, poruszania się i ucieczki), do ciemnych, bogatych w substancję węglistą laminowanych iłowców i mułowców głębszych lub/i stagnujących partii jezior/bagien równi aluwialnej z nielicznymi śladami pełzania pierścienic. Ślady ucieczki małżów występujące w lepiej natlenionych osadach piaszczystych wskazują na częste anastroficzne pogrzebienia związane z powodzią. Ichnofacja wilgotnej, podtopionej równi aluwialnej jest reprezentowana przez typowe formy ichnofacji *Mermia*. W ichnofacji tej pojawiają się też ślady skorupiaków wyższych (nory, ślady odnóży) i ślimaków, a wśród skamieniałości pojawiają się, oprócz licznych miejscami skorup małży Unionidae, także małżoraczki *Darwinula* sp. i łuski ryb. Jednoczesna obecność stosunkowo licznych Unionidae, a także ich licznych śladów oraz łusek ryb to ważna przesłanka – dzisiejsze Unionidae rozprzestrzeniają się dzięki rybom (ich larwy zagnieżdżają się pod pokrywami skrzelowymi ryb). Taka adaptacja zaistniała prawdopodobnie od początku istnienia tej rodziny małży, co pozwoliło im na szybkie rozprzestrzenianie się i sukces ewolucyjny. Na obszarach lepiej drenowanych i wyższych (np. wały brzegowe, górne partie gładów krewasowych) dominują struktury pozostawione przez owady (ichnofacje *Scoyenia-Coprinsphaera*). Owady, biorąc pod uwagę liczne ślady ich żerowania, zamieszkiwania i gniazdowania, stanowiły ogromnie ważny element wczesnojurajskiego ekosystemu Sołtykowa.

Teren Sołtykowa stanowił idealne miejsce bytowania dinozaurów – były to tereny ich żerowania, zdobywania wody oraz gniazdowania. Bogaty zespół śladów dinozaurów wskazuje na rozbudowaną piramidę pokarmową, z obecnością zarówno form wyspecjalizowanych w objadaniu niskopiennej

roślinności (należały tu obok mniejszych dinozaurów ptasiomiednicznych także młodociane zauropody), jak i dorosłych zauropodów wyspecjalizowanych w objadaniu roślin wysokopiennych. W Sołtykowie zachowały się równoległe szlaki tropów zauropodów (*Parabrontopodus* sp.) będące najstarszym znanym zapisem stadnego trybu życia tych zwierząt – fig. 9. Występujący obok, kątowy układ szlaków tropów *Kayentapus soltykovensis* Gierliński może sugerować zespołowe polowania ich drapieżnych twórców – dylofozaurów (fig. 9). Ofiarami dylofozaurów mogły być wszelkie mniejsze od nich zwierzęta – dinozaury ptasiomiedniczne, młodociane zauropody i ssaki. Natomiast na szczycie piramidy pokarmowej Sołtykowa stały gigantyczne teropody – allozauroidy lub być może ceratozauroidy, twórcy tropów *Megalosauripus* sp. sensu Lockley (Gierliński i in. 2001). Teropody te mogły samotnie polować na ówczesne dorosłe zauropody, którym dorównywały długością i wysokością ciała. Ssaki już wtedy były zwierzętami zajmującymi podrzędne nisze ekologiczne, znaleziono też ślady interpretowane jako ich nory. Być może były to już zwierzęta o wyłącznie nocnym trybie życia.

OCHRONA REZERWATU W SOŁTYKOWIE I GEOPARK „DOLINA KAMIENNEJ” – WNIOSKI

Do określenia działań mających na celu zachowanie wartości środowiska przyrodniczego w Polsce używa się dwóch terminów: „ochrona przyrody ożywionej” i „ochrona przyrody nieożywionej”. Nie jest to rozgraniczenie szczęśliwe, gdyż w terminologii angielskiej występuje tylko jedno określenie „*nature conservation*” łączące aspekt abiotyczny i biotyczny, gdyż w całościowym podejściu do ochrony przyrody oba aspekty są ważne (Kozłowski i in. 2004). Ustawa o ochronie przyrody wspomina o ochronie dziedzictwa geologicznego jako jednym z celów ochrony przyrody. Wśród istniejących form ochrony przyrody stanowiska dokumentacyjne są bezpośrednio poświęcone aspektowi abiotycznemu. Region Świętokrzyski jest wyjątkowo bogaty w różnorodne geostanowiska (Wróblewski 2000). Niekiedy wyjątkowo cenne abiotyczne obiekty przyrodnicze stają się rezerwatami przyrody (np. rezerwat „Gagaty Sołtykowskie”).

Rezerwat „Gagaty Sołtykowskie” stanowi unikalny zapis wczesnojurajskiego ekosystemu równi aluwialnej (środowiska warkoczowych i meandru-



Fig. 10. Wiata chroniąca szlaki tropów w Sołtykowie – pierwsze stałe urządzenie powstającego geoparku „Dolina Kamiennej”.

jących koryt rzecznych wraz z równią zalewową z jeziorami i bagnami). Bogactwo występujących w rezerwacie szczątków flory, owadów, małży, śladów bezkręgowców, tropów i gniazd dinozaurów, w tym najstarsze znane dowody stadnego trybu życia kręgowców lądowych (fig. 9), znakomicie zachowane olbrzymie tropy allozauroidea, największego znanego drapieżnika, jaki kiedykolwiek żył na ziemiach polskich (Gierliński i in. 2001), ponadto ślady wczesnych ssaków, a ostatnio też szczątki kostne dinozaurów, czynią z rezerwatu „Gagaty Sołtykowskie” kandydata na Listę Światowego

Dziedzictwa UNESCO (*United Nations Education, Scientific and Cultural Organisation*). Dodatkowym uzasadnieniem dla ochrony przyrody i edukacji ekologicznej jest fakt, że kopalne zapisy dawnych ekosystemów pozwalają zrozumieć prawidłowości dotyczące obecnych ekosystemów i w pod wieloma względami przewidywać ich przyszłość.

Stanowiska dokumentacyjne i rezerwy przyrody mogą funkcjonować jako obiekty pojedyncze. Niejednokrotnie istnieje jednak konieczność zdefiniowania regionalnych sieci stanowisk dokumentacyjnych lub rezerwatów przyrody (geostanowisk, pomników przyrody nieożywionej) powiązanych wspólnym aspektem genetycznym, ochronnym i edukacyjnym. Istnienie takiej regionalnej sieci znacznie zwiększa skuteczność oddziaływania ochronnego i edukacyjnego. Tak rozumiana regionalna sieć stanowisk dokumentacyjnych lub rezerwatów przyrody (geostanowisk) może być określona jako geopark. Geopark byłby więc przestrzenią geologiczną obejmującą zasoby przyrody nieożywionej zasługujące na ochronę ze względu na unikalne wartości naukowe, edukacyjne, historyczne i turystyczne. Geoparki stanowią jeden z ważnych aspektów idei zrównoważonego rozwoju, wspieranej także przez władze i społecz-

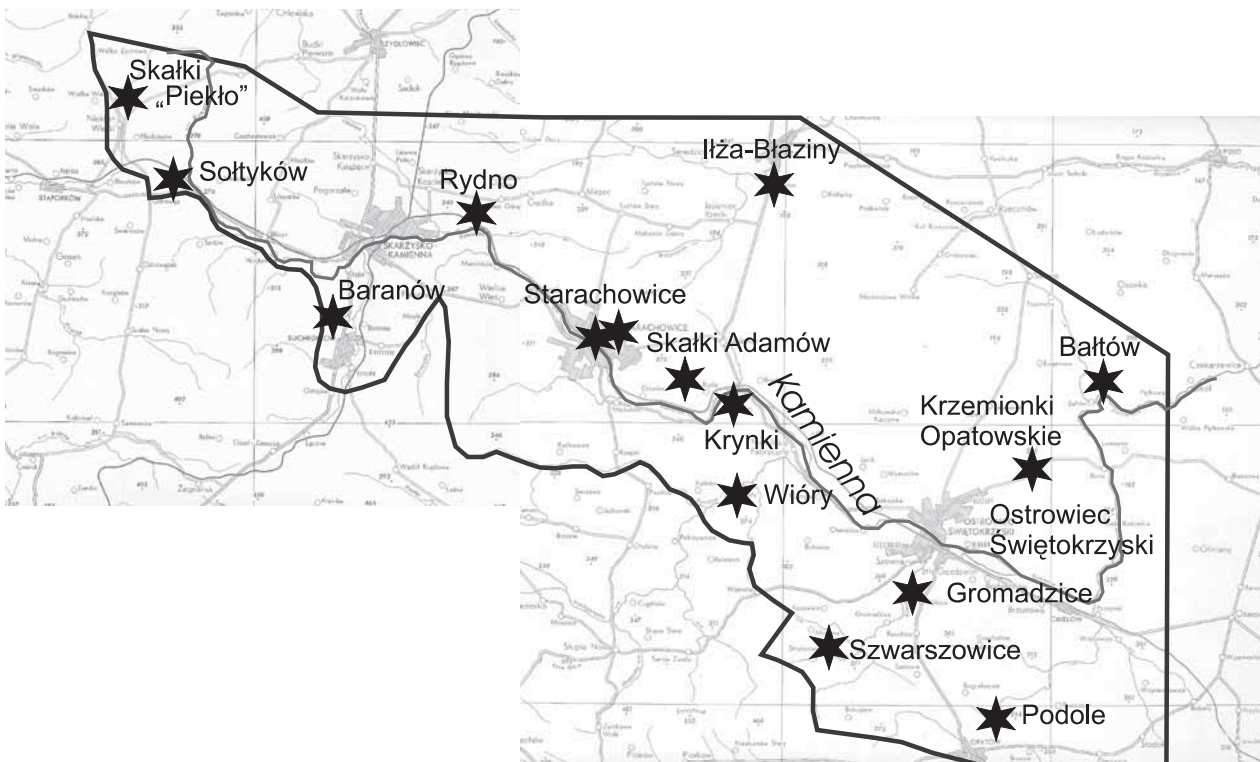


Fig. 11. Proponowany zasięg geoparku „Dolina Kamiennej” wraz z najważniejszymi geostanowiskami.

ności lokalne. W tym kierunku idzie inicjatywa podjęta przez UNESCO podczas konferencji w 1997 roku, na której skonkretyzowano ideę ochrony litosfery w postaci programu geoparków uzupełniających istniejącą listę miejsc Światowego Dziedzictwa. Geoparki tworzone w Europie mają być obiektami modelowymi dla stworzenia globalnej sieci geoparków UNESCO, co w 2001 roku przyjęli twórcy Geoparków Europejskich i przedstawiciele Działu Nauk o Ziemi UNESCO.

Staraniem Państwowego Instytutu Geologicznego, Głównego Konserwatora Przyrody oraz Nadleśnictwa Stąporków w 1999 roku zabezpieczono w Sołtykowie unikalną powierzchnię ze szlakami tropów dinozaurów, nakryto ją wiatą i ustawiono tablicę informacyjną (fig. 10). Jest to, obok części paleontologicznej Ekomuzeum w Starachowicach, pierwszy już istniejący materialny obiekt przyszłego geoparku „Dolina Kamiennej”.

Dolina Kamiennej (wraz z dopływami) między obszarem źródłowym tej rzeki (w okolicach Sołtykowa) a okolicami Bałtowa (Skarbki) stanowi wyjątkowo cenny w skali europejskiej i światowej obszar przyrodniczo-kulturowy. Nagromadzone wzdłuż niej obiekty geologiczne, reprezentujące odsłonięcia skał mezozoicznych i czwartorzędowych, zawierają bezcenne obiekty paleontologiczne, mineralogiczne oraz tektoniczne które wymagają podjęcia ich pilnej ochrony, dając jednocześnie szanse na wykorzystanie ich niepowtarzalnych walorów edukacyjnych. Dodatkowo, jest to region o wyjątkowo bogatej historii kultury (w tym kultury materialnej), powiązanej z występującymi tutaj zasobami naturalnymi. Właśnie dlatego geopark „Dolina Kamiennej” będzie geologiczno-przyrodniczym punktem wyjścia dla integracji wielu dziedzin wiedzy i edukacji, przede wszystkim archeologii i historii – od paleolitu, poprzez neolit i epokę żelaza okresu rzymskiego po staropolski okręg przemysłowy.

Geopark „Dolina Kamiennej” będzie się składał z sieci 14 chronionych stanowisk dokumentacyjnych i rezerwatów (geostanowisk), połączonych w jeden system ochronno-informacyjno-edukacyjny (fig. 11). Projektowana powierzchnia została tak zaprojektowana, aby umożliwić rozwój geoturystyki. W miarę potrzeby zostaną wykupione grunty prywatne, zapewnione dojazdy i dojścia, wykonane konieczne prace ziemne i porządkujące, wybudowane ścieżki ekologiczne wraz z ujednoliconymi tablicami informacyjnymi, przygotowane broszury informacyjne, przewodniki i podręczniki szkolne

w formie drukowanej oraz elektronicznej. Koniecznym warunkiem wykonania wspomnianego projektu jest nagromadzenie, zinterpretowanie i spopularyzowanie wiedzy na temat geologii tego rejonu. Nagromadzona bogata wiedza geologiczna będzie stanowić kluczowy atut projektu. Zasadniczym warunkiem jego powodzenia będzie połączenie interesów władz publicznych, społeczności lokalnych i inicjatyw prywatnych.

Jako przykłady innych, szczególnie cennych przyrodniczo geostanowisk przyszłego geoparku „Dolina Kamiennej” należy wymienić:

1. Geostanowiska Gromadzice (gmina Bodzechów, odkrywki naturalne i byłe kamieniołomy na terenie prywatnym, pozycje stanowiska dolnego GPS 50° 53' 30.195" N, 21° 21' 36.449" E, oraz górnego GPS 50° 53' 15.732" N, 21° 21' 42.665" E) zawierają bogaty zespół kopalnej wczesnojurajskiej flory, opisywany od XIX wieku w klasycznych pracach przez Alinę Makarewiczówną (1928) jako flora z Gromadzie. Ponadto występują tutaj skamieniałości małży i dobrze zachowane tropy dinozaurów. Bardzo istotny dla nauki i edukacji jest zapis w postaci sukcesji bardzo zróżnicowanej sedymentacji lądowej, deltowej i płytkomorskiej wraz z powierzchniami transgresji i zalewów morskich. Geostanowiska położone są na urozmaiconej krajobrazowo skarpie wzdłuż dopływu Kamiennej – Kamionki, w ciekawym przyrodniczo kompleksie leśnym.

2. Geostanowisko Podole koło Opatowa – stare kamieniołomy z wyjątkowo czytelnym profilem kopalnych wczesnojurajskich delt, florą, glebami kopalnymi i tropami dinozaurów.

3. Bałtów, Zarzecze i Stoki – odsłonięcia naturalne i stare kamieniołomy malowniczego przełomu Kamiennej z bogatą późnojurajską fauną kopalną organizmów morskich. W okresach wynurzeń pływiczny oraz plaże były penetrowane przez dinozaury, które pozostawiły swoje ślady. Poszukiwania ich skamieniałości trwają w Wólce Bałtowskiej.

Na siedzibę Geoparku „Dolina Kamiennej” proponuje się istniejącą już placówkę – Ekomuzeum im. Jana Pazdura w Starachowicach (27-200 Starachowice, Wielkopiecowa 10). Byłoby to jednocześnie główne centrum informacyjno-muzealno-edukacyjne geoparku. Ważnymi ośrodkami edukacyjno-informacyjnymi będą ponadto: Rezerwat Archeologiczny „Krzemionki Opatowskie”, wraz z wykonaną ekspozycją geologiczną oraz Bałtowski Park Jurajski w Bałtowie. Istnieje możliwość ubiegania się o dotację z Unii Europejskiej wraz

z włączeniem rezerwatu „Gagaty Sołtykowskie“ i innych geostanowisk do europejskiej i światowej sieci geoparków.

LITERATURA

- Arndorff, L. 1993. Lateral relations of deltaic palaeosols from the Lower Jurassic Rønne Formation on the island of Bornholm, Denmark. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **100**, 3: 235-250.
- Aslan, A. i Autin, W. J. 1999. Evolution of the Holocene Mississippi River floodplain, Ferriday, Louisiana: insights on the origin of fine-grained floodplains. *Journal of Sedimentary Research*, **69**, 4: 800-815.
- Chiappe, L., Schmitt, J. G., Jackson, F. D., Garrido, A., Dingus, L. i Grellet-Tinner, G. 2004. Nest Structure for Sauropods: Sedimentary Criteria for Recognition of Dinosaur Nesting Traces. *Palaios*, **19**: 89-95.
- Farrell, K. M., 2001. Geomorphology, facies architecture, and high-resolution, non-marine sequence stratigraphy in avulsion deposits, Cumberland Marshes, Saskatchewan. *Sedimentary Geology*, **139**: 93-150.
- Gierliński, G. 1991. New dinosaur ichnotaxa from the Early Jurassic of the Holy Cross Mountains, Poland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **85**: 137-148.
- Gierliński, G. i Niedźwiedzki, G. 2002. Enigmatic dinosaur footprints from the Lower Jurassic of Poland. *Geological Quarterly*, **46**: 467-472.
- Gierliński, G. i Pieńkowski, G. 1999. Dinosaur track assemblages from the Hettangian of Poland. *Geological Quarterly*, **43**, 3: 329-346.
- Gierliński, G., Niedźwiedzki, G. i Pieńkowski, G. 2001. Gigantic footprint of theropod dinosaur in the Early Jurassic of Poland. *Acta Palaeontologica Polonica*, **46**: 441-446.
- Gierliński, G., Niedźwiedzki, G. i Pieńkowski, G. 2004. Tetrapod track assemblage in the Hettangian of Sołtyków, Poland, and its paleoenvironmental background. *Ichnos*, **11**, 3-4 (w druku).
- Hasiotis, S. T. i Bown, T. M. 1992. Invertebrate ichnofossils: The backbone of continental ichnology. W: Maples, C. G. i West, R. R. (red.), *Trace fossils, Paleontological Society Short Course*, **5**: 64-104.
- Hasiotis, S. T. i Demko, T. M. 1996. Terrestrial and Freshwater Trace Fossils, Upper Jurassic Morrison Formation, Colorado Plateau. W: Morales, M. (red.), *The Continental Jurassic. Museum of Northern Arizona Bulletin*, **60**: 355-370.
- Karaszewski, W. i Kopik, J. 1970. Lower Jurassic. The Stratigraphy of the Mesozoic in the margin of the Góry Świętokrzyskie. *Prace Instytutu Geologicznego*, **56**: 65-98.
- Kozłowski, S., Migaszewski, Z., M. i Gałuszka, A., 2004. Znaczenie georóżnorodności w holistycznej wizji przyrody. *Przegląd Geologiczny*, **52**, 4: 291-294.
- Makarewiczówna, A. 1928. Etude sur la flore fossile du lias inférieur des environs d'Ostrowiec, Pologne. *Travaux de la Société des Sciences et des Lettres de Wilno, L'Institut de Géologie*, **3**: 1-49.
- Niedźwiedzki, G. i Niedźwiedzki, D. 2004. Nowe znaleziska tropów dinozaurów ze śladem śródstopia z dolnej jury Gór Świętokrzyskich. *Przegląd Geologiczny*, **52**, 3: 237-242.
- Pieńkowski, G. 1983. Środowiska sedymentacyjne dolnego liasu północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Przegląd Geologiczny*, **31**, 4: 223-231.
- Pieńkowski, G. 1985. Early Liassic trace fossils assemblages from the Holy Cross Mountains, Poland: their distribution in continental and marginal marine environments. W: Curran, H. A. (red.), *Biogenic structures: their use in interpreting depositional environments. Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Special Publication*, **35**: 37-51.
- Pieńkowski, G. 1991. Eustatically-controlled sedimentation in the Hettangian-Sinemurian (Early Liassic) of Poland and Sweden. *Sedimentology*, **38**: 503-518.
- Pieńkowski, G. 1998. Dinosaur nesting ground from the Early Jurassic fluvial deposits, Holy Cross Mountains (Poland). *Geological Quarterly*, **42**, 4: 461-476.
- Pieńkowski, G. 1999. Dinosaur nesting ground from the Early Jurassic fluvial deposits, Holy Cross Mountains (Poland) – reply and new evidence. *Geological Quarterly*, **43**, 3: 379-382.
- Pieńkowski, G. 2004. The epicontinental Lower Jurassic of Poland. *Polish Geological Institute Special Papers*, **12**.
- Pieńkowski, G. i Gierliński, G. 1987. New finds of dinosaur footprints in Liassic of the Holy Cross Mts. and its palaeoenvironmental background. *Przegląd Geologiczny*, **35**, 4: 199-205.

- Reymanówna, M. 1991. Two conifers from the Liassic flora of Odrowąż in Poland. *W: Kovar-Eder, J. (red.), Palaeovegetational development in Europe and Regions relevant to its palaeofloristic evolution. Proceedings, Pan-European Palaeobotanical Conference, Vienna. 307-31, Naturhistorisches Museum, Wien.*
- Ryka, W. i Maliszewska, A. 1991. Słownik petrograficzny. 415, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Sabath, K., Machalski, M. i Lefeld, J. 1999. Dinosaur nesting ground from Early Jurassic fluvial deposits, Holy Cross Mountains (Poland) – discussion. *Geological Quarterly*, **43**, 3: 375-378.
- Sarjeant, W. A. S. 1975. Plant trace fossils. *W: Frey R. W. (red.), The study of trace – fossils. 163-179, Springer-Verlag, Berlin.*
- Weisło-Luraniec, E. 1991. Flora from Odrowąż in Poland – a typical Lower Liassic European flora. *W: Kovar-Eder, J. (red.), Palaeovegetational Development in Europe and Regions Relevant to its Palaeofloristic Evolution. Proceedings of the Pan-European Palaeobotanical Conference, Vienna, 19-23 September 1991, 307-311.*
- Wegierek, P. i Zherikhin, V. 1997. An Early Jurassic insect fauna in the Holy Cross Mountains. *Acta Palaeontologica Polonica*, **42**: 539-543.
- Wróblewski, T. 2000. Ochrona georóżnorodności w Górach Świętokrzyskich z mapą w skali 1: 300.000. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Ziaja, J. 1991. The Lower Liassic microflora from Odrowąż in Poland. *W: Kovar-Eder, J. (red.), Palaeovegetational development in Europe and Regions relevant to its palaeofloristic evolution, Proceedings, Pan-European Palaeobotanical Conference, Vienna, Naturhistorisches Museum, Wien. 337-339.*